

明 細 書

冷凍装置の膨張弁

技術分野

- [0001] 本発明は、冷凍装置の膨張弁及びに関する。より詳細には、空気調和装置等の冷凍装置に用いられる膨張弁の冷媒通過音を低下させる技術に関する。

背景技術

- [0002] 一般的に、冷凍装置において凝縮器と蒸発器との間には膨張弁、例えば電動膨張弁が用いられている。

特開2000-274886号公報は上記の電動膨張弁を開示している。この電動膨張弁は、弁本体に冷媒の出入口を成す冷媒配管接続ポートが形成され、内部に弁室が形成されている。また、弁室には、ニードル弁と、ニードル弁に連結されたベローズとが収納されている。

- [0003] この電動膨張弁においては、パルスモータの動力及びベローズの付勢力にてニードル弁を上下動させ、弁孔の開度を調整することにより可変オリフィスを構成している。入口ポートから弁室内へ流入した液冷媒は、このオリフィスにより減圧及び流量制御された後に出口ポートを介して蒸発器に送られる。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] しかし、空気調和機などの冷凍装置においては、据付条件や運転条件の変化により、膨張弁の入口ポートまでの液管内で気泡が発生して気液二相冷媒流となる。この気液二相冷媒流中の気泡が大きく成長して、冷媒流中に大きな気泡が断続的に存在するスラグ流やプラグ流となる。このようなスラグ流やプラグ流が発生すると、オリフィスを通過する液冷媒とガス冷媒とが交互に流れる状態となり、不連続な圧力変動を生じさせ、結果として不連続の冷媒流動音が発生する。

- [0005] また、このような問題点に対し、特開平7-146032号では図1、図2において、膨張弁のポートに隣接して、配管内に多孔質体や極細管を配置して、膨張弁に流入する冷媒中の気泡を微細に分散させる技術を開示している。しかし、多孔質体や極細管

を通過する冷媒が流通抵抗を受け、膨張弁に流入する冷媒の流量が制限され、オリフィスの開度調整機能の制御範囲が狭くなる。更に、冷媒流の圧力を受ける多孔質体や極細管が変形し易くなる。加えて、冷媒流が通過する多孔質体や極細管の目詰まりを招来する。これらの理由により、膨張弁の信頼性が低下する。

[0006] また、前記特開平7-146032号の図3及び図4はオリフィスの入口側に開度が固定された第2のオリフィスが配置された膨張弁を開示している。しかし、このように第2のオリフィスを設けた場合は、前述の場合よりもさらに膨張弁の開度を調整機能の制御範囲が狭くなる。従って、上記と同様に膨張弁の信頼性を維持することが困難にある。

[0007] 本発明は、従来技術に存在する問題点に着目してなされたものである。本発明の目的は、膨張弁の信頼性を維持しつつ、冷媒通過音が低減される膨張弁を提供することにある。より具体的には、本発明の目的は可変オリフィスの開度を調整する機能を維持しつつ、膨張弁に流入する気液二相冷媒中の気泡を微細に分散させることが可能な膨張弁を提供することにある。

また、本発明の他の目的は上記した膨張弁を用いた冷凍装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記した目的を達成するために、本発明は冷凍装置の冷媒回路に配置される膨張弁に関する。膨張弁は弁室と、前記弁室に形成され、同弁室内に冷媒流を導入すべく上流の冷媒配管に接続される入口と、前記弁室に形成され、同弁室から冷媒流を排出すべく下流の冷媒配管に接続される出口と、前記弁室内において、入口と出口との間に形成された冷媒通路と、前記冷媒通路内において冷媒流の流量を可変的に制御するオリフィスと、前記冷媒通路においてオリフィスの上流で冷媒の流れをかく乱するかく乱部とを有する。

[0009] オリフィスは弁室に形成された弁孔を有する弁座と、同弁孔の開度を調節する弁体とからなる。

[0010] 、かく乱部は弁室の内周面及び弁体の外周面のうちの少なくともいずれか一方において凹凸状に形成される。

- [0011] かく乱部は螺旋状をなす溝である。
- [0012] かく乱部は、オリフィスの上流において、弁体と弁座との間の冷媒通路を蛇行させるように形成した蛇行路から構成される。
- [0013] 蛇行路は、弁体と弁室の壁面との間において弁体の軸方向に冷媒流れを導く軸方向通路と、軸方向通路からの冷媒の流れを斜状に変更させる斜状路とからなる。
- [0014] 斜状路は弁体の先端面に形成された凹条と、弁座に形成された突条とからなり、互いに対向して離間する凹条及び突条の面がほぼ平行に延びる。
- [0015] かく乱部は、冷媒通路の断面積を大小に変化させる空間を含む。
- [0016] 冷媒通路は、かく乱部とオリフィスとの間に通路断面積を拡大する空間を有する。
- [0017] かく乱部は冷媒通路における弁座の上流及び下流に形成される。
- [0018] 弁体及び弁室は、冷媒流通路における弁座の上流及び下流に形成され、かく乱部は、それぞれの弁室の内壁面又は弁体の外表面に形成され、さらに両弁体は、弁座に形成されている弁孔を貫通する軸部により連結されている。
- [0019] また、本発明に係る冷凍装置は、上記膨張弁を用いたことを特徴とする。

発明の効果

- [0020] 本発明の膨張弁によれば、膨張弁に流入した冷媒の流れは、オリフィスの上流側の冷媒通路に形成されたかく乱部によりかく乱される。これにより、冷媒が減圧されることなく気液二相冷媒流中の気泡が微細、かつ均一に分散される。よって、下流にあるオリフィスで気液二相冷媒流の圧力変動を低減することができ、ひいては、冷媒が膨張弁のオリフィスを通過する際の騒音及び不連続音を低減することが可能となる。
- [0021] また、弁体を収納する弁室の壁面、又は、弁体の外表面にかく乱部を形成すると、オリフィスの近くにかく乱部を形成することができる。この結果、冷媒流れをかく乱することにより微細化された気泡がオリフィスに到達する前に再連結することを、低減することができる。
- [0022] また、この凹凸部を螺旋状溝に形成すると、冷媒流に旋回流成分を付与することができる。この結果、より一層冷媒流に乱流効果をもたらすことができ、より気泡を微細化及び均一化が一層促進される。
- [0023] また、冷媒通路におけるオリフィス直前において、オリフィスを構成する弁体及び弁

座との間の冷媒通路部分を蛇行させるように形成した蛇行路を形成し、これをかく乱部とした場合は、かく乱部がオリフィス直前に形成されるため、かく乱部で微細化された気泡の再連結をより大幅に低減することができる。また、蛇行路を、弁体と弁室の壁面との間に形成された弁体の軸方向に冷媒の流れを導く軸方向通路と、弁体先端面に形成された凹条及び弁座に形成された突条間に形成され、かつ冷媒の流れを変更する斜状路とを有する構成すると、蛇行路をオリフィスの直前上流において容易に形成することができる。

[0024] また、かく乱部を、冷媒通路の断面積を大小に変化させる空間として形成しても、冷媒の流れに対し大きな減圧効果を与えることなく、冷媒の乱れを生成することができる。これにより、冷媒中の気泡が微細に均一化され分散される。

[0025] また、かく乱部と、オリフィスとの間に通路断面積を拡大する空間を形成すると、かく乱部による冷媒流のかく乱と、空間による冷媒流のかく乱との効果が相乗され、オリフィスにおける開度調整範囲を狭めることなく気泡の微細化及び均一化をより一層促進することができる。

[0026] また、かく乱部を、冷媒通路における弁座の上流及び下流に形成すると、膨張弁に対し冷媒を可逆に流通させる場合において、何れの方に冷媒が流入されても、冷媒通過音を軽減することができる。したがって、ヒートポンプ式空気調和機などのように冷媒の流通方向を可逆に切り換えるヒートポンプ式冷凍サイクル装置において、同一の膨張弁を使用しながら、オリフィスを通過する際の騒音及び不連続音を低減することができる。また、この場合において、かく乱部を、弁座の上流と下流の弁室内壁面又は弁体外表面に形成するとともに、弁孔を貫通する軸部により弁体を連結すると、可逆の冷媒の流れに対し、オリフィスを通過する際の騒音及び不連続音を低減することができる膨張弁の構造を簡略化することができる。

[0027] 本発明の上述した膨張弁を用いた冷凍装置によれば、その運転音をより静粛にすることができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の第1の実施例に係る膨張弁の要部断面図である。

[図2]本発明の第2の実施例に係る膨張弁の要部断面図である。

[図3]本発明の第3の実施例に係る膨張弁の要部断面図である。

[図4]本発明の第4の実施例に係る膨張弁の要部断面図である。

[図5]本発明の第5の実施例に係る膨張弁の要部断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0029] 以下に、この発明を具体化した膨張弁の第1の実施例について、図1に基づいて説明する。

冷凍装置の冷媒回路に配置された膨張弁において、弁本体1内に形成された断面円形状をなす弁室12は入口ポート2及び出口ポート3を介して上流の液冷媒配管8及び蒸発器に通じる下流の配管9に接続されている。冷媒の出入口として弁本体1に形成された二つのポート2、3と、弁本体1内において両ポート2、3間に形成された冷媒通路4と、冷媒通路4中に形成された開度が可変のオリフィス5と、かく乱部6とを備えている。

[0030] 弁室12内にはほぼ円柱状をなす弁体13が配置され、その先端部には円錐状の弁部14が形成されている。冷媒通路4は、二つのポート2、3間に冷媒を流通させ、その途中には冷媒通路4を区画する弁座11に円形の弁孔10が形成されている。

[0031] かく乱部6は、通路4を流れる冷媒の流れをかく乱する。かく乱部6は、弁体13の円柱部の外表面に形成された凹凸部にて構成されている。より具体的には、かく乱部6は螺旋状の溝をなす。

[0032] 可変オリフィス5は弁タイ3及び弁孔10にて構成されている。弁体13は図示しないパルスモータにて図1の上下方向に移動され、弁部14が弁孔10に対して選択的に接近及び離間されることにより弁孔10の開度が調節される。

[0033] さらに、かく乱部6とオリフィス5との間に、冷媒通路4の断面積が大きくなる空間15が形成されている。すなわち、円柱状空間を成す弁室12の底部の弁座11と、円錐状の弁部14との間に形成された空間15により、弁室12の壁面と弁体13との間における冷媒通路4の断面積が大小に変化されている。

[0034] 上記のように構成された膨張弁において、入口ポート2から流入した気泡を含む高圧の気液二相冷媒流はかく乱部6により攪拌される。このため、冷媒流に含まれる気泡は均一かつ微細に分散される。この後、冷媒の乱流は通過断面積が大きくなる空

間15に流入することにより、冷媒中に含まれる気泡の微細化及び均一化が一層促進されて、オリフィス5に流入する。従って、冷媒流の気泡に起因するオリフィス5における圧力変動が緩和される。よって、この膨張弁では、冷媒流がオリフィス5を通過する際に発生する騒音が低減されるとともに、冷媒通過音の連続化により従来の膨張弁のような不連続音を低減することができる。

[0035] なお、かく乱部6とオリフィス5との間に冷媒通路4の断面積が大きくなる空間15を省略しても冷媒通過音及び不連続音の低減は可能である。

[0036] 次に本発明における第2の実施例について、図2に基づき説明する。なお、図2には第1の実施例と同一の部分には同一の符号を付しその説明を省略する。

この実施例の膨張弁は、第1の実施例の膨張弁におけるかく乱部6の位置を変更したものであり、その他の構成は第1の実施例と同一である。

すなわち、かく乱部26は弁体13の外表面に代えて、弁室12の壁面に形成されている。なお、第2の実施例におけるかく乱部26の具体的構造も、第1の実施例と同様に螺旋状溝をなす。したがって、このかく乱部26も第1の実施例におけるかく乱部6と同様の作用効果を奏する。

[0037] 以上のごとく、この実施例における膨張弁においても、冷媒がオリフィス5を通過する際に発生する騒音及び不連続音が低減される。

[0038] 次に、本発明の第3の実施例について、図3に基づき説明する。なお、図3において第1の実施例と同一又は相当する部分に同一の符号を付しその説明を省略する。

第3の実施例において、膨張弁は可逆転する冷媒流に対し使用されるために、かく乱部6、36が弁座11の上流側及び下流側に設けられている。

[0039] 第1の実施例と比較して、弁本体1は長く形成され、弁座11とポート3との間に弁室31が形成されている。弁室31内には略円柱状の弁体32が配置されている。弁体32の先端部には円錐状の弁部33が形成されている。また、この弁体32と前述の弁体13とは、弁孔10を貫通する細径の軸34により連結されている。よって、弁体13駆動用のパルスモータ(図示せず)により2つの弁体13、32は一体となって移動制御される。

[0040] 弁体32の弁部33は、前記パルスモータにより弁孔10に対し離接する方向に移動

制御されることにより、弁孔10の開度を調節して、開度が可変のオリフィス35が構成されている。

[0041] さらに、弁体32には、かく乱部36として、弁体32の外表面に第1の実施例の弁体13におけると同様な螺旋状溝が形成されている。

また、かく乱部36とオリフィス35との間には、冷媒通路4の断面積が大きくなる空間37が形成されている。

[0042] 第3の実施例に係る膨張弁は、気液二相冷媒流が入口ポート2から流入する場合、第1の実施例と全く同様の作用効果を奏し、冷媒がオリフィス5を通過する際に発生する騒音及び不連続音を低減することができる。

[0043] また、第3の実施例に係る膨張弁は、気泡を含む高圧の気液二相冷媒流がポート3から流入する場合は、次のように作用する。なお、このような使用は、この膨張弁をヒートポンプ式冷媒回路に使用し、可逆転する冷媒流に対し共用する場合に生じる。

ポート3から流入した気液二相冷媒流は、弁体32と弁室31との間に形成された通路4を流れる際にかく乱部36により攪乱される。このため、気液二相冷媒流中の気泡が微細かつ均一に分散される。また、乱流となった気液二相冷媒流は、通過断面積が大きくなる空間37に流入することにより、気液二相冷媒流中に含まれる気泡の微細化、均一化が一層促進される。この結果、オリフィス35に流入する冷媒流は、微細な気泡が均一に分布された状態となっているため、オリフィス35における圧力変動が緩和される。この結果、膨張弁は、冷媒を逆方向に流通させる場合においても、オリフィス35を通過する際の騒音が低減されるとともに、冷媒通過音の連続化により従来の膨張弁のような不連続音を低減することができる。

[0044] 次に第4の実施例について、図4に基づき説明する。なお、図4において第1の実施例と同一の部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

第4の実施例における膨張弁は、第1の実施例の膨張弁におけるかく乱部の構成を変更したものであって、これに伴い第1の実施例における弁体及び弁座の構造が変更されている。

[0045] 冷媒通路4における可変オリフィスの直前において、弁体41と弁座42との間の冷媒通路を蛇行させるように形成した蛇行路によりかく乱部43を構成している。

[0046] 円柱状の弁体41はその先端部にニードル弁44を有している。また、弁体41の先端部において外周縁部と、このニードル弁44と間には断面V字状の凹条45が形成されている。一方、弁座42には、中央部に弁孔46が形成されている。また、弁座42には、弁孔46の壁面を弁体側に突出する幅広面47aと、この幅広面47aの頂点から弁本体1の外周側に向かって下る斜面47bとからなる突条47が形成されている。また、弁座42の突条47から外周側の部分は、平坦面42aとして形成されている。さらに、この突条47の下り斜面47bと前記凹条45の外周側斜面45aとは略平行に形成されている。

[0047] これにより、弁室12の弁座42側底部においては、弁体41と弁室12の壁面との間に弁体41の軸方向に冷媒を流通させる軸方向通路48が形成される。また、前述の突条47の斜面47bと凹条45の斜面45aとの間には、冷媒の流れ方向を軸方向通路48から弁体41に向かって斜めに変更する斜状路49が形成されている。なお、斜状路49の上端、即ち凹条45の頂部において、冷媒は弁孔46に向かってさらに流れ方向を変更する。

かく乱部43は、上記軸方向通路48と斜状路49とを含む。

[0048] このように構成された第4の実施例においては、ポート2から流入した気液二相冷媒流は、弁体41と弁室12の壁面との間に形成される冷媒通路4を流通してかく乱部43に至る。かく乱部43において、冷媒が軸方向通路48から斜状路49に流通方向を変更して流れることにより、冷媒流れがかく乱される。これにより、気液二相冷媒流中の気泡が微細化かつ均一化される。

このように、オリフィス5に流入する冷媒流は、オリフィス5直前のかく乱部43において気泡が微細化されて均一化された状態となっているため、オリフィス5における圧力変動が低減される。この結果、この第4の実施例に係る膨張弁は、冷媒がオリフィス5を通過する際の騒音が低減されるとともに、冷媒通過音が連続化して発生し、従来の膨張弁のような不連続音を低減することができる。

[0049] 次に第5の実施例について、図5に基づき説明する。なお、図5には第4の実施例と同一又は相当する部分に同一の符号を付しその説明を省略する。

第5の実施例の膨張弁は、第4の実施例の膨張弁において、冷媒を可逆流に使用

可能とするために、第4の実施例におけるかく乱部43を弁座の上流側及び下流側に設けるようにしたものである。以下第4の実施例との相違点を中心に説明する。

[0050] 第5の実施例に係る膨張弁は、弁座52とポート3側との間に弁室50を設けている。弁体51が弁室50内に設けられている。

弁体51は、弁体41の円柱部の長さを短くしたもので、先端部には、弁体41と同様に、ニードル弁44を有するとともに、断面V字状の凹条45を有している。

[0051] また、第5の実施例における弁座52は、中央部に弁孔56を有する。また、弁座52は、弁孔56の壁面を両弁体41、51側に突出する幅広面47aと、この幅広面47aの頂点から弁本体1の外周側に向かって延びる斜面47bとからなる突条47を両弁室両内に備えている。また、弁座52における突条47から外周側には、平坦面52aが形成されている。

[0052] 前述の弁体51は、弁孔56を貫通する軸部51aにより弁体41により連結されており、パルスモータ(図示せず)により弁体41と一体的に移動制御される。

[0053] 弁体51のニードル弁44は、パルスモータにより弁孔56に対し選択的に接近及び離間するように移動されて、弁孔56の開度を調節する。したがって、弁体51のニードル弁44が弁孔56の開度を調節し、冷媒が逆方向に流通する場合の可変オリフィス5を構成する。

[0054] 第5の実施例の膨張弁は、両弁室12、50の弁座52側底部においては、弁体41、51と弁室12、50の壁面との間に弁体41、51の軸方向に冷媒を流通させる軸方向通路48が形成されている。また、突条47の斜面47bと凹条45の斜面45aとの間には、冷媒流れ方向を軸方向通路48から弁体41、51に向かって斜めにを変更する斜状路49が形成されている。なお、斜状路49の上端において、冷媒は弁孔56に向かって流れ方向を変更する構成となっている。

このようにして、弁座52の上流及び下流に、軸方向通路48と斜状路49とからなるかく乱部43が形成されている。

[0055] 以上のように構成された第5の実施例に係る膨張弁は、気液二相冷媒流がポート2から流入する場合に第4の実施例と全く同様の作用効果を奏することにより、オリフィス5を通過する際の騒音及び不連続音を低減することができる。

[0056] また、本第5の実施例に係る膨張弁は、気泡を含む高圧の気液二相冷媒流がポート3から流入する場合は、次のように作用する。なお、このような使用は、この膨張弁をヒートポンプ式冷媒回路に使用し、可逆転する冷媒流に対し共用する場合に生じる。

ポート3から流入した気液二相冷媒流は、弁体51と弁室50の壁面との間に形成される冷媒通路4を流通してかく乱部43に至る。そして、かく乱部43において、冷媒が軸方向通路48から斜状路49に流通方向を変更して流れることにより、冷媒流れがかく乱される。これにより、気液二相冷媒流中の気泡が微細化され、かつ均一的に分布される。

このように、気液二相冷媒流がポート3から流入した場合も、気液二相冷媒流がポート2から流入した場合と同様に、オリフィス55直前のかく乱部43において気泡が微細化されて均一化された状態となっているため、オリフィス55における圧力変動が低減される。この結果、この第5の実施例に係る膨張弁は、冷媒がオリフィス55を通過する際の騒音が低減されるとともに、冷媒通過音が連続化して従来の膨張弁のような不連続音を低減することができる。

[0057] なお、この発明は、次のように変更して具体化することもできる。

(1) 第1の実施例〜5において、1段のオリフィス5、35、55を有する構成を示しているが、オリフィス5、35、55の上流側にかく乱部6、26、43を有する限り2段以上のオリフィスを有するような構成する。

なお、このような構成としても前述のかく乱部6、26、43による効果を減殺するものではない。

[0058] (2) 第3の実施例は第1の実施例におけるかく乱部6の構造を弁座11の上流及び下流に設けたものであるが、これと同様に第2の実施例のかく乱部26の構造を弁座11の上流及び下流に設けることもできる。

[0059] (3) 第1の実施例及び2における空間15は、かく乱部6、26とオリフィス5との間に設けられた通路断面積を拡大する機能を有すると同時に、冷媒通路の断面積を大小に変化させる機能も有する。この空間を後者の機能のみを有する構成としても気液二相冷媒流中の気泡を微細化することができ、冷媒がオリフィス5を通過する際の騒音及び不連続音を低減することができる。

- [0060] (4) 第1及び第2の実施例において、かく乱部6、26を螺旋状溝に限定することなく、冷媒流れに乱れを生じさせるものであれば、独立状の突起部や凹部として構成してもよい。
- [0061] (5) 各実施例のかく乱部6、26、43を適宜組み合わせても良い。この場合は気液二相冷媒流中の気泡をより一層微細化し均一化することができる。

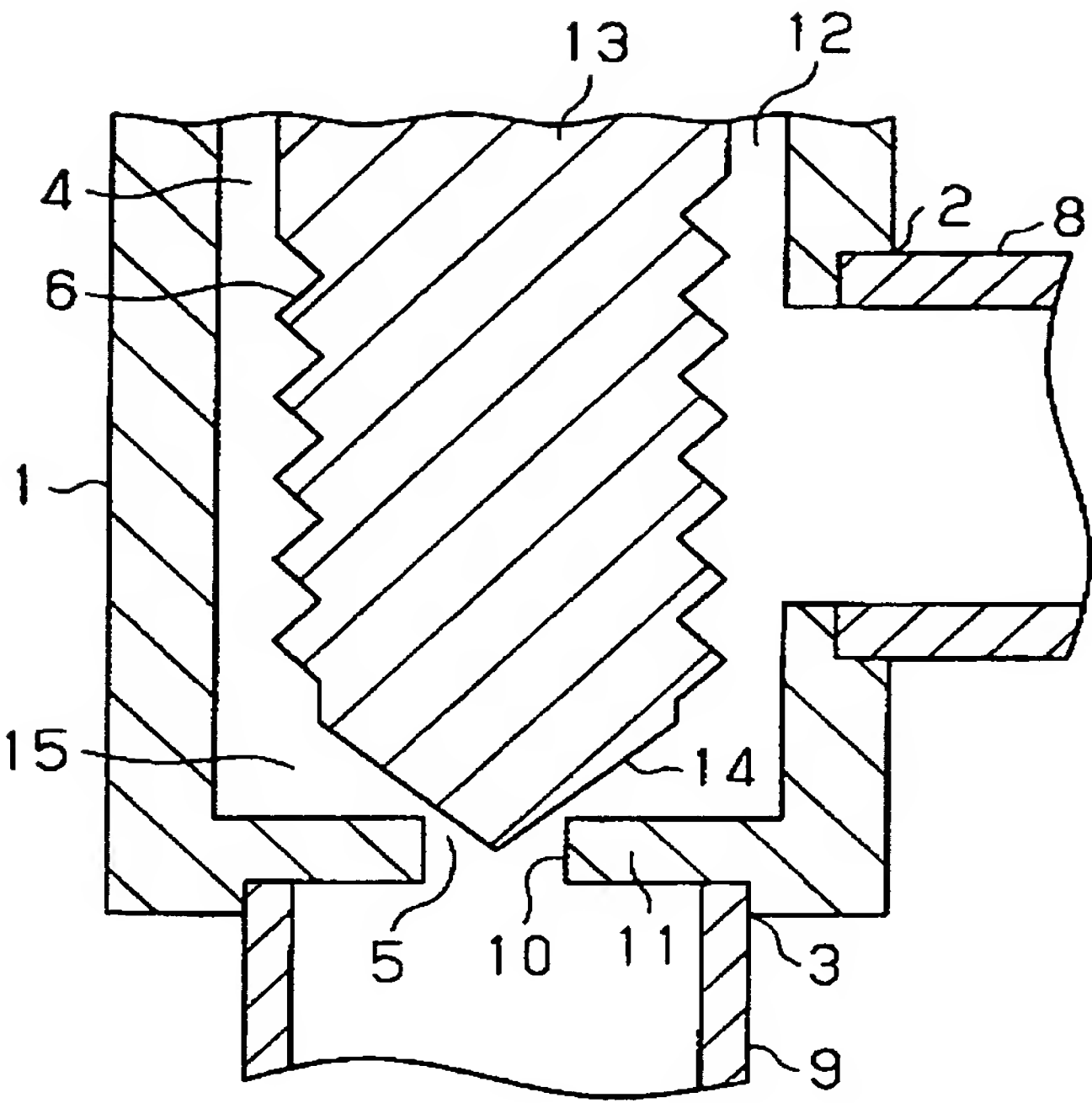
請求の範囲

- [1] 冷凍装置の冷媒回路に配置される膨張弁であって、同膨張弁は弁室と、
前記弁室に形成され、同弁室内に冷媒流を導入すべく上流の冷媒配管に接続される入口と、
前記弁室に形成され、同弁室から冷媒流を排出すべく下流の冷媒配管に接続される出口と、
前記弁室内部において、入口と出口との間に形成された冷媒通路と、
前記冷媒通路内において冷媒流の流量を可變的に制御するオリフィスと、
前記冷媒通路においてオリフィスの上流で冷媒の流れをかく乱して乱れを発生させるかく乱部と
を有する膨張弁。
- [2] オリフィスは弁室に形成された弁孔を有する弁座と、同弁孔の開度を調節する弁体とからなる請求項1に記載の膨張弁。
- [3] 、前記かく乱部は弁室の内周面及び弁体の外周面のうちの少なくともいずれか一方において凹凸状に形成される請求項2に記載の膨張弁。
- [4] 前記かく乱部を弁体の外周面に形成した請求項3に記載の膨張弁。
- [5] 前記かく乱部を弁室の内周面に形成した請求項3に記載の膨張弁。
- [6] 前記かく乱部は螺旋状をなす溝である請求項4または5に記載の膨張弁。
- [7] かく乱部は、オリフィスの上流において、弁体と弁座との間の冷媒通路を蛇行させるように形成した蛇行路から構成される請求項1に記載の膨張弁。
- [8] 前記蛇行路は、弁体と弁室の壁面との間において弁体の軸方向に冷媒流れを導く軸方向通路と、軸方向通路からの冷媒の流れを斜状に変更させる斜状路とからなる請求項7に記載の膨張弁。
- [9] 前記斜状路は弁体の先端面に形成された凹条と、弁座に形成された突条とからなり、互いに対向して離間する凹条及び突条の面がほぼ平行に延びる請求項8に記載の膨張弁。
- [10] 前記かく乱部は、前記冷媒通路の断面積を大小に変化させる空間を含む請求項1

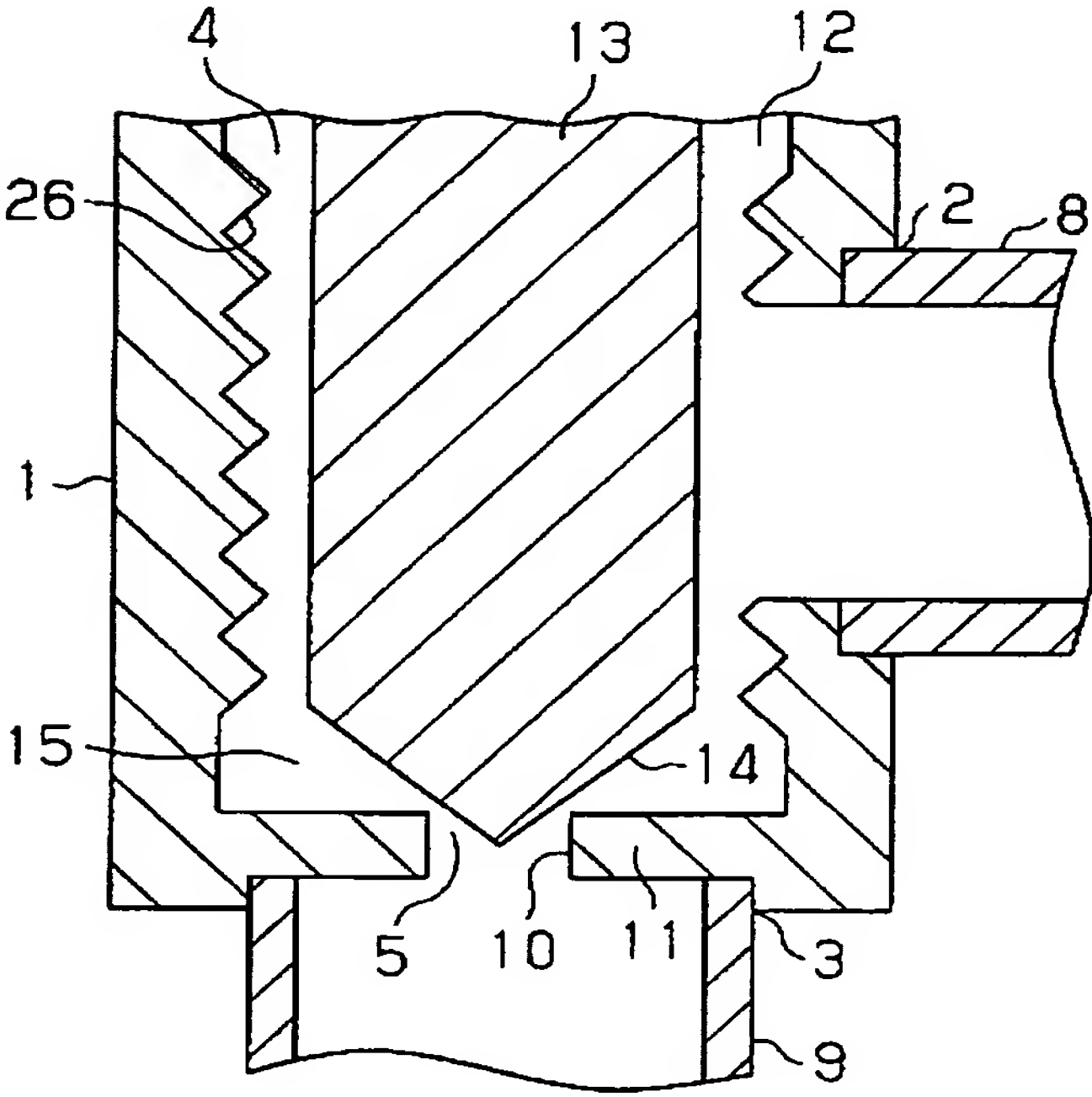
に記載の膨張弁。

- [11] 前記冷媒通路は、前記かく乱部とオリフィスとの間に通路断面積を拡大する空間を有することを特徴とする請求項1乃至6の何れか1項に記載の膨張弁。
- [12] 前記かく乱部は、前記冷媒通路における弁座の上流及び下流に形成される請求項1乃至9の何れか1項に記載の膨張弁。
- [13] 前記弁体及び弁室は、前記冷媒流通路における弁座の上流及び下流に形成され、前記かく乱部は、それぞれの弁室の内壁面又は弁体の外表面に形成され、さらに、両弁体は、弁座に形成されている弁孔を貫通する軸部により接合されてなることを特徴とする請求項12記載の膨張弁。
- [14] 請求項1〜13の何れか1項に記載の膨張弁を用いた冷凍装置。

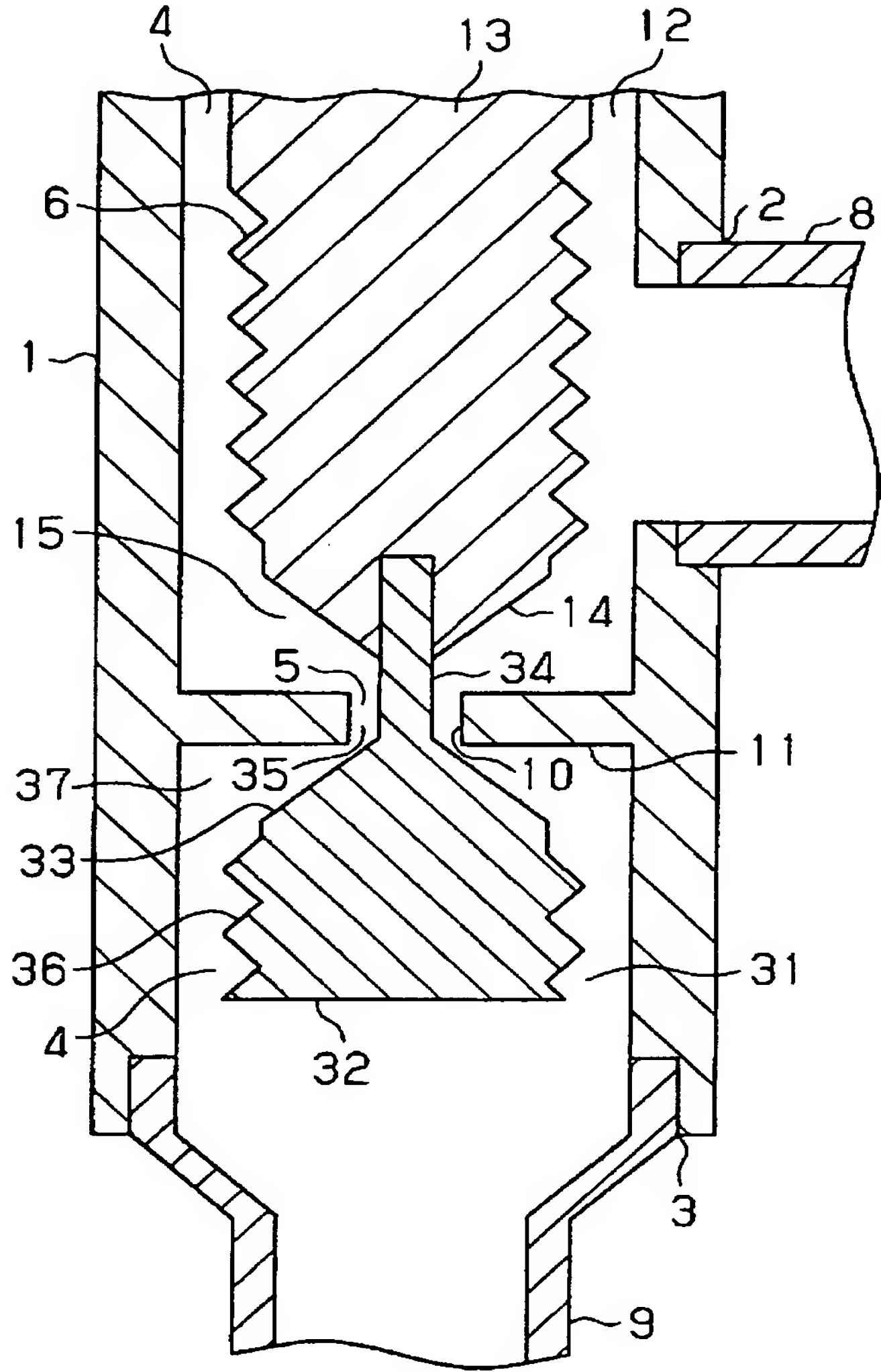
[図1]



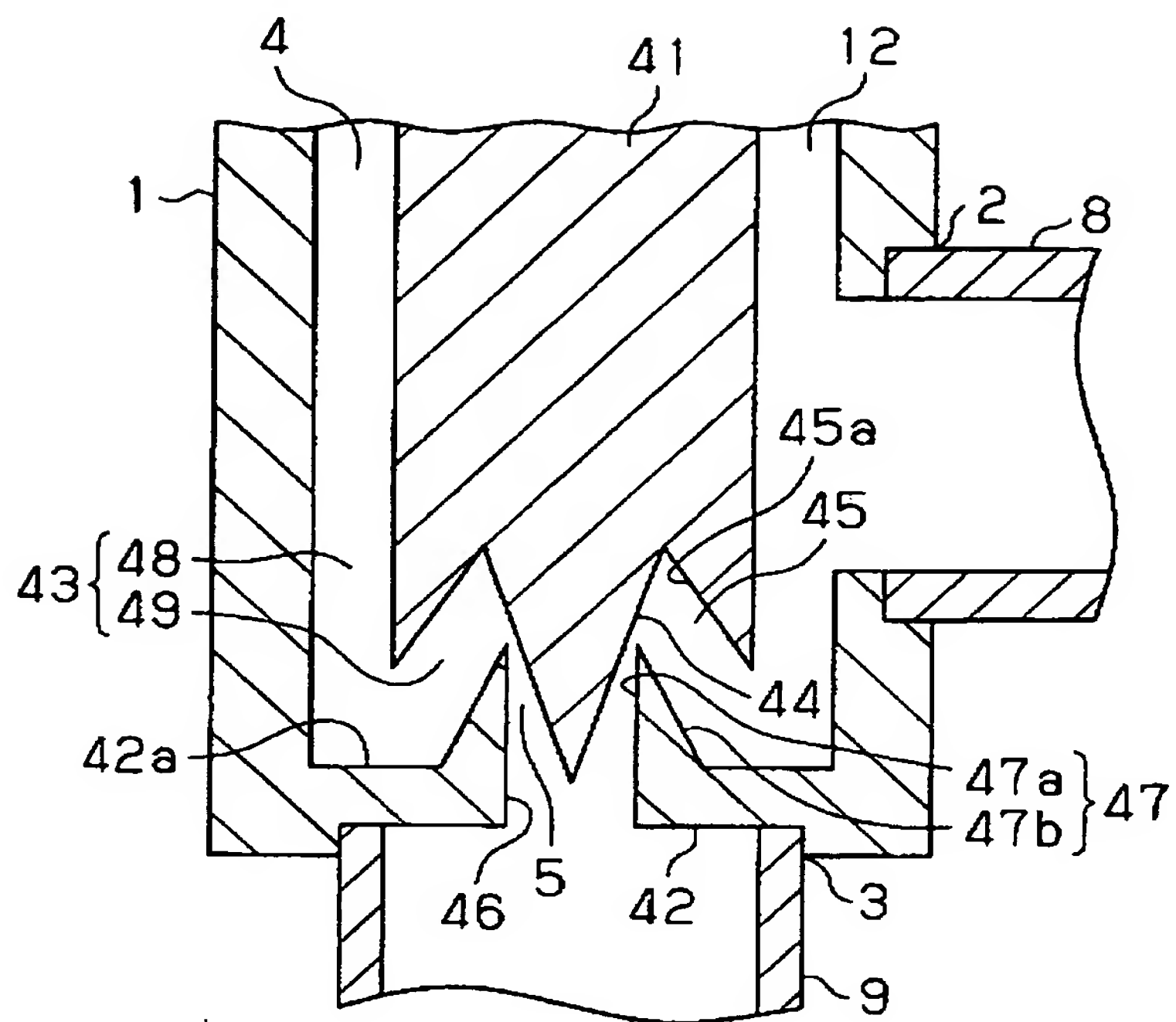
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

